

## PROCESS FOR ASSEMBLING MICRO-MECHANICAL COMPONENTS BY MEANS OF A THICK-FILM TECHNIQUE

**Publication number:** DE4006103

**Publication date:** 1991-08-29

**Inventor:** ROETHLINGSHOEFER, WALTER DPL (DE); MUENZEL, HORST DPL PHYS DR (DE); BAUMANN, HELMUT DPL PHYS DR (DE)

**Applicant:** BOSCH GMBH ROBERT (DE)

**Classification:**

- International: G01L9/00; H01L27/20; G01L9/00; H01L21/02; (IPC1-7): C03C3/06; C03C3/01; C03C8/24; C03C29/00; H01L27/36; H01L23/15; H01L49/00

- European: G01L9/00D1; G01L9/00D6B; H01L21/20B2

**Application number:** DE19904006108 19900227

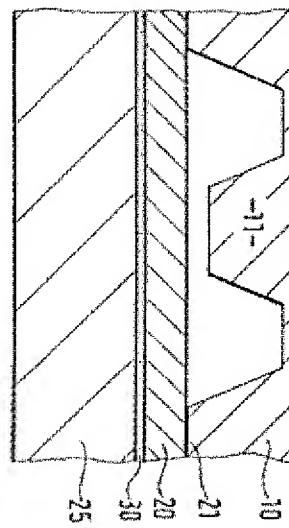
**Priority number(s):** DE19904006108 19900227

**Also published as:**  
 WO9113470 (A1)

Report a data problem

### Abstract of DE4006108

The process provides for film assembly of micro-mechanical components, particularly sensors and actuators. A silicon wafer with micro-mechanical structures is joined by means of at least one connecting film to at least one counterpart silicon wafer. The connecting film consists of thick films, preferably of glass, that have been applied to at least one of the silicon wafers by means of a screen printing process. The silicon wafers are then joined together by anodic bonding.



Data supplied from the [esp@cenet.de](mailto:esp@cenet.de) database - Worldwide



⑯ BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES

PATENTAMT

# Offenlegungsschrift

⑯ DE 40 06 108 A 1

⑮ Int. Cl. 5:

H 01 L 21/316

H 01 L 49/00

H 01 L 23/15

C 03 C 3/091

C 03 C 3/06

C 03 C 8/24

C 03 C 29/00

// G01L 9/06

DE 40 06 108 A 1

⑯ Aktenzeichen: P 40 06 108.6

⑯ Anmeldetag: 27. 2. 90

⑯ Offenlegungstag: 29. 8. 91

⑯ Anmelder:

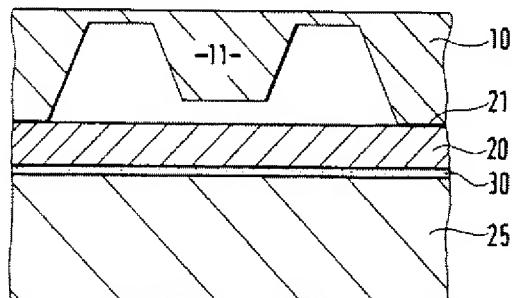
Robert Bosch GmbH, 7000 Stuttgart, DE

⑯ Erfinder:

Roethlingshoefer, Walter, Dipl.-Ing.; Muenzel, Horst,  
Dipl.-Phys. Dr., 7410 Reutlingen, DE; Baumann,  
Helmut, Dipl.-Phys. Dr., 7413 Gomaringen, DE

⑯ Verfahren zum Aufbau von mikromechanischen Bauelementen in Dickschichttechnik

⑯ Es wird ein Verfahren zum schichtweisen Aufbau mikromechanischer Bauelemente, insbesondere von Sensoren und Aktoren, vorgestellt. Dabei wird ein Siliziumwafer mit mikromechanischen Strukturen über mindestens eine Verbindungsschicht mit mindestens einem Siliziumgegenwafer verbunden. Als Verbindungsschicht dienen Dickschichten, vorzugsweise Glasschichten, die im Siebdruckverfahren auf mindestens einen der Siliziumwafer aufgebracht werden. Die Siliziumwafer werden dann durch anodisches Bonden miteinander verbunden.



DE 40 06 108 A 1

## Stand der Technik

Die Erfindung geht aus von einem Verfahren zum schichtweisen Aufbau mikromechanischer Bauelemente nach der Gattung des Hauptanspruchs.

In Albaugh, K.B., "Mechanism of Anodic Bonding of Silicon to Pyrex-Glass" wird ein Verfahren beschrieben, bei dem Glasplatten aus Corning 7740, bei Temperaturen von 250°C bis 330°C unter Spannungen von 500 bis 1000 V gegen Siliziumscheiben gebondet werden. Die Zusammensetzung des Glases muß so gewählt sein, daß der thermische Ausdehnungskoeffizient dem von Silizium nahekommt.

Aus Younger, P.R., "Hermetic Glass Sealing by Electrostatic Bonding" ist ferner bekannt, daß der Ausdehnungskoeffizient von Corning 7070 Glas sich im Temperaturbereich 20°C bis 150°C nicht wesentlich von dem von Corning 7740 Glas unterscheidet, für höhere Temperaturen aber besser an den Ausdehnungskoeffizienten von Silizium angepaßt ist. Trotz guter Anpassung an die Eigenschaften des Siliziums entstehen durch den unsymmetrischen Aufbau der mikromechanischen Bauelemente mechanische Spannungen, die sich z. B. bei piezoresistiven Drucksensoren in Form von Offsets und Temperaturgängen der Kennlinien bemerkbar machen.

In Knecht, T.A., "Bonding Techniques for Solid State Pressure Sensors" wird ein Sandwich-Aufbau für Drucksensoren aus Silizium/Glas/Silizium vorgestellt. Hierfür wird im Sputterverfahren auf einen Wafer ein Dünnschichtglasfilm aufgetragen und anschließend ein zweiter Wafer gegengebondet. Da die Dicke der Glasschicht klein gegenüber den Dicken der Siliziumplatten ist, kommen die durch die unterschiedlichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten verursachten mechanischen Spannungen nicht so stark zum Tragen. Dafür sorgt auch der symmetrische Aufbau der Sensoren. Bei den dünnen, aufgesputterten Glasschichten ergeben sich jedoch Probleme hinsichtlich der maximal erreichbaren Schichtdicken, der Defektdichten sowie der Zusammensetzung der Glasschichten. Die erzielbare Sputterraten der Gläser ist zu niedrig, um im Fertigungsmaßstab Glasschichten von 5 bis 10 µm Dicke zu erzeugen. Bei höheren Sputterraten reicht die Zusammensetzung der aufgestäubten Schichten vom Targetmaterial ab, was wiederum die Bondqualität beeinträchtigt.

Es wird außerdem ein Verfahren vorgestellt, bei dem die beiden Wafer über eine Glaspaste, die bei Temperaturen von 320°C bis 650°C und einem Druck von 7 bis 700 kPa gebrannt werden muß, miteinander verklebt werden ("glass frit seals"). Da bei dem Brennprozeß Lösungsmittel der Glaspaste gasförmig entweichen, lassen sich mit dieser Methode keine evakuierten Hohlräume, beispielsweise für Drucksensoren, herstellen. Eine weitere Schwierigkeit dieses Verfahrens liegt in der beschränkten Justierung der beiden Siliziumwafer gegeneinander.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, dickere Glasschichten von typisch 10 bis 50 µm in einem kostengünstigen einfachen und zuverlässigen Fertigungsprozeß und mit einer auf die Bedürfnisse des anodischen Bondens ausgerichteten Zusammensetzung auf Siliziumwafern abzuscheiden.

Das erfindungsgemäße Verfahren mit den kennzeichnenden Merkmalen des Hauptanspruchs hat gegenüber dem als Stand der Technik bekannten Verfahren den Vorteil, daß die in Dickschichttechnik erzielbaren Glasschichten mit Dicken von typisch 10 bis 50 µm bei mehreren Lagen bis 1000 µm sich zuverlässig und mit geringerer Defektdichte als die bisher verwendeten Dünnschichtfilme binden lassen.

Durch die in den Unteransprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen des im Hauptanspruch angegebenen Verfahrens möglich. Ein besonderer Vorteil ist, daß sich die im Siebdruckverfahren verwendeten Pasten sowohl unstrukturiert als auch strukturiert auftragen lassen. Dies erspart gegenüber anderen Techniken eine Reihe von Prozeßschritten. Besonders vorteilhaft ist, daß sich die Zusammensetzung der im Siebdruckverfahren mittels einer Paste aufgebrachten Glasschicht gezielt variiert lässt, beispielsweise so, daß sich über die Zusammensetzung die Eigenschaften der Glasschicht bezüglich des Bondprozesses positiv verändern. Eine weitere vorteilhafte Möglichkeit der Variation der Eigenschaften der Glasschicht besteht in der Wahl der Brenntemperatur, über die die Mikrostruktur und die chemischen Eigenschaften der Glasschichten eingestellt werden können.

Ein wesentlicher Vorteil des vorgestellten Verfahrens und der damit gefertigten Bauelemente stellt die Möglichkeit dar, daß neben dem die mikromechanischen Strukturen tragenden Siliziumwafer auch der Gegenwafer, auf den der Dickschichtfilm aufgebracht wird, strukturiert sein kann. Dadurch entsteht ein neuer Freiheitsgrad für das Design der Sensorstrukturen, mit dem sich vorteilhaft vergrabene Kontaktführungen realisieren lassen. Vorteilhaft ist auch, daß sich das Aufbauverfahren auf Wafer anwenden läßt, in die bereits elektrische Bauelemente integriert sind.

40

## Zeichnung

Anhand der Zeichnung wird die Erfindung näher erläutert.

Es zeigen die Fig. 1 bis 4 vier verschiedene Ausführungsformen eines mikromechanischen Bauelements.

## Beschreibung des Ausführungsbeispiels

In den Fig. 1 bis 4 ist mit 10 ein Siliziumwafer mit einer mikromechanischen Struktur, in diesem Falle einer Membran mit einer seismischen Masse 11, bezeichnet. Der Siliziumwafer 10 ist über eine Bondfläche 21 einer Dickschicht 20, die auf einem Siliziumgegenwafer 25 aufgebracht ist, gebondet. Vor der Abscheidung von Dickschichten auf Siliziumplatten wird der Wafer zur Haftverbesserung thermisch behandelt und/oder mit einer Haftvermittlerschicht überzogen. Bei den in den Fig. 1 bis 3 dargestellten Ausführungsbeispielen ist die Haftvermittlerschicht mit 30 bezeichnet. Im Siebdruck wird dann eine Dickschichtpaste auf den Wafer aufgebracht. Im einfachsten Fall handelt es sich um einen geschlossenen Film, durch entsprechende Auslegung des Siebes kann die Schicht aber auch direkt strukturiert aufgebracht werden. Als Dickschichtpasten werden vorzugsweise Glaspasten verwendet, die nach dem Aufbringen getrocknet und gebrannt werden. Typische, in der Hybridtechnik verwendete Brenntemperaturen liegen im Bereich von 800°C bis 900°C. Der Brennvor-

gang kann aber auch bei niedrigeren Temperaturen von 500°C bis 800°C durchgeführt werden. In diesem Fall verglast die Schicht nicht vollständig, was die Eigenschaften bezüglich des Bondprozesses beeinflußt. Auch das Brennen bei höheren Temperaturen zwischen 900°C und 1100°C ist möglich. Hier tritt eine Erweichung der Glasschicht mit entsprechenden Veränderungen der Mikrostruktur des Glases ein, die sich auf die Eigenschaften beim anodischen Bonden auswirken. Die eingearbeitete Schicht der Dickschichtpaste bildet eine Verbindungsschicht für das anodische Bonden. Diese ist in den Fig. 1 bis 4 mit 20 bezeichnet.

Die Voraussetzung für eine zuverlässige Bindung beim elektrostatischen Bondprozeß ist eine glatte Oberfläche der zu bondenden Platten. Je nach Qualität der Dickschicht ist eine Politur, ein Abschleifen und/oder eine Reinigung der Oberfläche erforderlich. Die Siliziumwafer werden dann unter Standardbedingungen aneinandergeschnitten.

In Fig. 1 wird die Verbindungsschicht 20 durch einen geschlossenen Dickschichtfilm gebildet. In Fig. 2 wurde die Dickschichtpaste strukturiert aufgetragen, so daß eine Verbindungsschicht 20 mit einer Ausnehmung im Bereich der Sensorstruktur entstanden ist. Fig. 3 zeigt eine Struktur, bei deren Herstellung zwei Dickschichten, eine nichtstrukturierte Schicht 202 und eine strukturierte Schicht 201, aufgebracht wurden. Zusammen bilden sie die Verbindungsschicht 20, die im Sensorbereich eine Vertiefung aufweist. Der Gegenwafer 25 des in Fig. 4 dargestellten Bauelements weist eine Struktur in Form zweier Elektrodensockel 28 und 29 auf. Die Dickschicht 20 ist derart gestaltet aufgebracht, daß die Elektrodensockel 28 und 29 nicht von ihr bedeckt werden, sondern Inseln in der Dickschicht 20 bilden. Auf diese Inseln sind Metallisierungen 26 und 27 aufgebracht, die wahlweise als Elektroden oder elektrische Anschlüsse der Sensorstruktur dienen. So bilden in Fig. 4 die seismische Masse 11 und die Metallisierung 26 des Elektrodensockels 28 eine Kapazität. Der Siliziumwafer mit mikromechanischer Struktur 10 wird durch die Dickschicht 20 gegen den Gegenwafer 25 isoliert. Die Elektrode 26 kann über den Gegenwafer 25 elektrisch kontaktiert werden oder aber auch von der Oberseite aus über die einen Anschluß bildende Metallisierung 27. Die Strukturierung des Gegenwafers 25 erlaubt in diesem Falle eine vergrabene Kontaktführung der Elektrode 26. Durch eine Dicke von typisch 10 bis 50 µm der Verbindungsschicht 20 wird eine parasitäre Kapazität im Bereich der Bondfläche im Vergleich zu aufgesputterten Dünnenschichtglasfilmen klein gehalten.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum schichtweisen Aufbau mikromechanischer Bauelemente, insbesondere von Sensoren und Akten, wobei ein Siliziumwafer mit mikromechanischen Strukturen (10) über mindestens eine Verbindungsschicht (20) mit mindestens einem Siliziumgegenwafer (25) verbunden wird, dadurch gekennzeichnet, daß auf mindestens einen Wafer als Verbindungsschicht Dickschichten, vorzugsweise Glasschichten, im Siebdruckverfahren aufgebracht werden und daß die Siliziumwafer durch anodisches Bonden miteinander verbunden werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß im Siebdruckverfahren eine Paste strukturiert und/oder unstrukturiert aufgebracht

wird.

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eine der Dickschichten eine Glasschicht ist, deren thermischer Ausdehnungskoeffizient aufgrund ihrer Zusammensetzung an den Ausdehnungskoeffizienten von Silizium angepaßt ist, vorzugsweise mit einer Zusammensetzung der Form,  
70% – 95% SiO<sub>2</sub>,  
0,5% – 3,5% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>,  
0,5% – 10% Na<sub>2</sub>O,  
0,5% – 10% K<sub>2</sub>O,  
5% – 30% B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> und,  
0% – 2% andere Stoffe,

und daß die Zusammensetzung der Glasschicht einen anodischen Bondprozeß ermöglicht.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Dicke der Glasschicht zwischen 3 µm und 1000 µm liegt.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die auf einen Wafer aufgebrachte Dickschicht, vorzugsweise bei Temperaturen zwischen 500°C und 1100°C, gebrannt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Oberfläche der Dickschicht nach dem Brennprozeß poliert, abgeschliffen und/oder gereinigt wird.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß vor dem Aufbringen der Glasdickschicht eine thermische Behandlung des Siliziumwafers erfolgt und/oder eine Haftvermittlerschicht (30) auf den Siliziumwafer aufgebracht wird.

8. Mikromechanisches Bauelement, dessen Aufbau einen Siliziumwafer mit mikromechanischen Strukturen (10) aufweist, der über mindestens eine Verbindungsschicht (20) mit mindestens einem Siliziumgegenwafer (25) verbunden ist, das nach einem Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche aufgebaut ist, dadurch gekennzeichnet, daß der Siliziumgegenwafer (25) strukturiert ist.

9. Mikromechanisches Bauelement nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß durch die Strukturierung des Siliziumgegenwafers (25) mindestens ein Elektrodensockel (28, 29) freigelegt ist, daß um den mindestens einen Elektrodensockel (28, 29) die Dickschicht (20) aufgebracht ist, so daß der mindestens eine Elektrodensockel (28, 29) eine Insel in der Dickschicht bildet und daß auf die Oberfläche des mindestens einen Elektrodensockels (28, 29) mindestens eine Metallschicht (26, 27) aufgebracht ist.

10. Mikromechanisches Bauelement, dessen Aufbau einen Siliziumwafer mit mikromechanischen Strukturen (10) aufweist, der über mindestens eine Verbindungsschicht (20) mit mindestens einem Siliziumgegenwafer (25) verbunden ist, das nach einem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7 aufgebaut ist, dadurch gekennzeichnet, daß auf mindestens einem der Siliziumwafer Bauelemente integriert sind.

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

---

**— Leerseite —**

FIG. 1

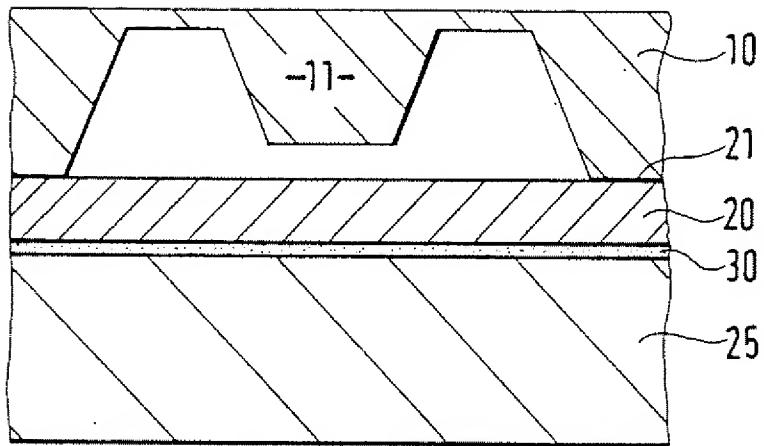


FIG. 2

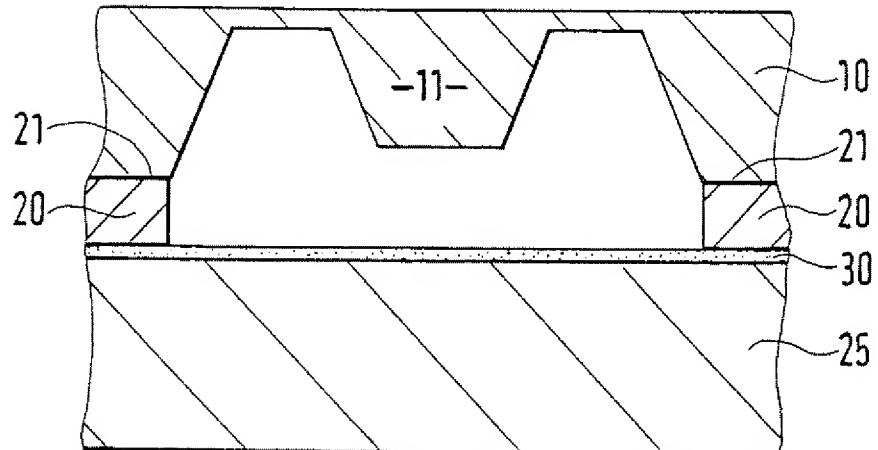


FIG. 3

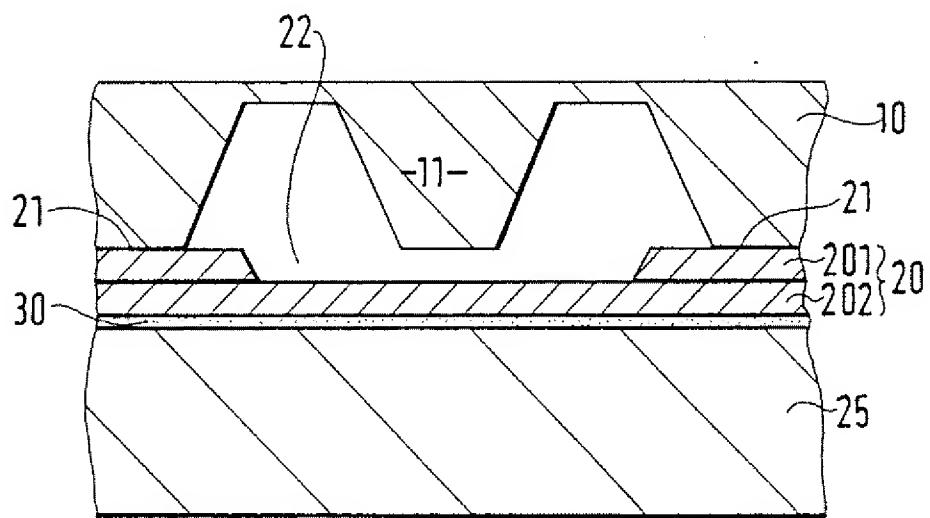


FIG. 4

